

## Estudo comparativo de protocolos de roteamento para redes *Mesh* na região Amazônica

Elisangela Aguiar<sup>1</sup>, Paula Bittencourt<sup>1</sup>, Waldir Moreira<sup>2</sup>, Antônio Gomes Abelém<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, UFPA

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, UFPA

<sup>3</sup> Departamento de Informática, UFPA

{eaguiar, abelem}@ufpa.br, paulapoca@yahoo.com, faqzao@hotmail.com

**Abstract.** *This paper compares two routing protocols, on-demand (AODV) and proactive (OLSR), in a Mesh network through simulations done on Network Simulator 2.29, analyzing this network's performance through simultaneous connections of data and voice in an Amazon region. The results showed AODV has a better behavior for the scenario.*

**Resumo.** *Este artigo compara dois protocolos de roteamento, reativo (AODV) e pró-ativo (OLSR), em uma rede Mesh através de simulações no Network Simulator 2.29, analisando o desempenho da rede através de conexões simultâneas de dados e voz, em um cenário amazônico. Os resultados mostram um melhor comportamento da rede com o AODV.*

### 1. Introdução

Com o avanço das tecnologias sem fio e o baixo custo dos produtos, o uso de dispositivos móveis está se popularizando. Por isso, estabelecimentos como *shoppings* e aeroportos procuram meios, através desta tecnologia, de oferecer a seus clientes acesso à Internet banda larga.

Uma dessas novas aplicações são as redes em malha sem fio, conhecidas como redes *Mesh* (*Wireless Mesh Networks*). Este novo tipo de rede dispensa o uso da rede fixa entre os pontos de acesso, que roteiam tráfego, entre si, dinamicamente.

O artigo tem como principal objetivo, o estudo comparativo de protocolos de roteamento para redes *Mesh*, buscando informações que possam ser utilizadas na otimização da rede e em novas propostas para extensões dos protocolos analisados.

O artigo divide-se em: Seção 2, definindo redes *Mesh* e mencionando os protocolos utilizados. Seção 3, listando principais trabalhos relacionados. Seção 4, apresentando o estudo de caso e resultados. E, Seção 5, fazendo as considerações finais.

### 2. Redes *Mesh*

As redes *Mesh*, conhecidas como redes comunitárias de acesso sem fio, podem ser usadas para reduzir o custo da “última milha” no acesso à Internet, através da colaboração entre nós, compartilhando um enlace com a rede fixa e permitindo uso mais eficiente da banda sem custos com cabeamento até o usuário final [Breuel 2004].

Uma rede *Mesh* possibilita a comunicação entre diferentes dispositivos. Alguns participantes irão compor a estrutura principal da rede, o *backbone*, atuando apenas como roteadores, e comunicando-se via interface sem fio. Outros nós podem se conectar

a estes roteadores por cabos e atuarem apenas como clientes [REMESH 2005]. Como as redes *Mesh* tiveram suas origens nas redes *Ad hoc*, elas devem ser capazes de se auto administrar, configurar e restabelecer no caso de perda de enlaces [Bruno et al. 2005]. Portanto, este tipo de rede demanda protocolos que tenham estas características.

Para este artigo são considerados os dois principais protocolos pró-ativo OLSR (*Optimized Link State Routing*) [Clausen et al. 2003] (troca periódica de tabelas de roteamento com informações sobre toda a topologia) e reativo AODV (*Ad hoc On-Demand Vector*) [Perkins et al. 2003] (com as rotas sendo estabelecidas sob demanda).

### 3. Trabalhos relacionados

Atualmente, de projetos utilizando redes *Mesh* vêm ocorrendo como em [Draves et al. 2004] e [REMESH 2005]. Além destes trabalhos, outros podem ser encontrados na literatura como: [Akyildiz et al. 2005a], [Akyildiz et al. 2005b] e [Faccin et al. 2006] sendo excelentes tutoriais que apresentam análises sobre redes *Mesh*; [Jiang et al. 2006] aborda a provisão de QoS em *backbones* de redes *Mesh* para acesso a rede sem fio de banda larga; [Iannone et al. 2004] e [Ha et al. 2005] abordam o conceito de *cross-layer*; e Kee et al. 2005] e [Kyungtae et al. 2006], avaliando a aplicação VoIP.

Há uma escassez de artigos que combinem os estudos de protocolos para redes *Mesh* com QoS. Têm-se apenas artigos que os tratam separadamente. Assim, para efeito dos estudos deste artigo apresentam-se os seguintes trabalhos relacionados: [Broch et al. 1998] estuda de forma comparativa os protocolos de roteamento reativos e pró-ativos sob métricas como percentagem de pacotes recebidos, *overhead* de roteamento e melhor caminho utilizado. [Kowalik et al. 2006] discute o porquê da existência de vários protocolos de roteamento para redes *Mesh*; e [Munaretto et al. 2003] e [Badis et al. 2003] sedimentam a idéia de se ter o protocolo OLSR com múltiplas métricas para provisão de QoS em redes *Ad hoc*. e [Royer et al. 1999] discute uma lista de protocolos.

### 4. Estudo de caso

A UFPA localiza-se à beira do Rio Guamá, com predominância de árvores, e é cortada pelo Rio Tucunduba. É composta por vários prédios intercalados por áreas de estacionamento. Os 10 pontos na Figura 2, reproduzem o *backbone* que será implantado na UFPA como parte da segunda fase do projeto ReMesh [REMESH 2005].



Figura 2. Cenário avaliado

Neste estudo de caso, simulações foram realizadas com transmissões simultâneas de Voz/VoIP (UDP) e Dados/FTP (TCP). Os protocolos simulados foram o AODV presente no NS e o OLSR, módulo adicionado [UM-OLSR 2006]. Estes protocolos foram escolhidos, pois, baseado na literatura, atendem aos requisitos do cenário (mobilidade mínima e pequeno número de nós). Considerou-se o *codec* G.729, por ser o mais utilizado nas redes sem fio devido seu consumo de banda (8 Kbps). Há trabalhos indicando-o como mais adequado como em [Kee et al. 2005], [Seo et al. 2005] e [Kyungtae et al. 2006]. Mais sobre VoIP em rede sem fio em [Lau et al. 2005].

A Tabela 1 apresenta informações gerais da simulação.

**Tabela 1. Informações das simulações**

Parâmetros	Valor	Descrição
Duração	50	Unidades de simulação utilizada no processo
Frequência	2.4 GHz	Frequência dos equipamentos de rede sem fio
Área simulada	1000m x 1000m	Cobre área simulada
Nº de Mesh Routers	10	Pontos que compõem o backbone mesh
Padrão utilizado	IEEE 802.11b	Padrão permite até 11 Mbps
Modelo de propagação	Shadowing	Sombreamento
Antenas	Omnidirecionais, 18 dB de ganho a 15 metros	Permitindo que a área toda seja coberta em 360°
Path Loss Exponent	2.7	Padrão de obstruções para ambiente outdoor, com sobreamento em áreas urbanas
Shadowing Deviation	4.0 dB	Ambiente outdoor
Aplicação VoIP	Taxa de 8 Kbps	Codec G.729 utilizado
	Tamanho do pacote = 40 bytes	RTP + UDP + payload
Aplicação FTP	Taxa de 200 K, Tamanho do pacote = 210 bytes, Duração da rajada e de inatividade = 500 ms	Modelo de Pareto utilizado
Protocolos	OLSR e AODV	Protocolos Pró-ativo e Reativo

Foram feitas 10 simulações, tendo a metodologia baseada na geração de carga gradativa e simultânea de tráfego TCP e UDP. Durante as simulações, notou-se que devido o ganho das antenas (18dB) a maioria dos nós enxergavam-se e no máximo 3 saltos podem ocorrer para determinado fluxo.

Foram simuladas 6 chamadas VoIP. Os pontos envolvidos, ordenados por acontecimento, eram: Capacit/Graduação Profissional, Reitoria/Capacit, Reitoria/CT, DI/CT, Secom/Laboratório e DI/Secom. As 6 chamadas justificam-se por ser um limiar entre 9 [Yu et al. 2004] e 4 chamadas [Kee et al. 2005]. Cada chamada no NS, é representada por dois fluxos, já que a aplicação tem fluxo bidirecional, e seus fluxos de ida e de volta não passam pelos mesmos pontos.

Para o tráfego FTP, utilizou-se o Modelo de Pareto [NS 2006] pela necessidade de caracterizar-se tráfego em rajadas, com valores *default*. Foram simulados 3 tráfegos. Os pontos envolvidos eram: DI/ Laboratórios, Graduação Básico/ CT, e SECOM/ Graduação Profissional. A uso do tráfego FTP justifica-se pela necessidade de tráfego em *background*, para concorrer com o tráfego VoIP e gerar carga na rede.

Para a análise dos resultados foi considerado intervalo de confiança de 95%, calculado a partir de [Jain 1991]. As métricas escolhidas para a avaliação do desempenho da rede foram: atraso, *jitter*, vazão e probabilidade de bloqueio.

A Figura 3a apresenta os resultados para o atraso dos 12 fluxos (2 fluxos por chamada). Nota-se o melhor comportamento do AODV, que teve atrasos não excedendo 0,45 ms, enquanto o OLSR, 1,45 ms. Estes valores são diretamente proporcionais às distâncias entre os pontos. Portanto, atribui-se os altos atrasos a estas distâncias.

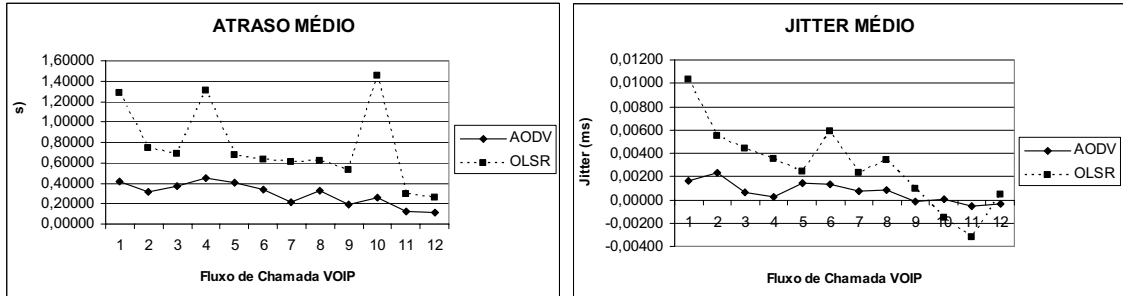


Figura 3: a) Atraso médio e b) Jitter médio

Os resultados para a *jitter* são mostrados na Figura 3b. Observou-se novamente o melhor comportamento do AODV, em função dos menores atrasos que ocorreram com utilização deste protocolo, já que o *jitter* é simplesmente a variação destes. Como no atraso, o *jitter* difere para fluxos da mesma chamada e é devido os fluxos tomarem rotas diferentes, sofrendo interferências de outros nós (por concorrem pelo acesso ao meio). Os valores negativos devem-se aos pacotes chegarem desordenados.

A Figura 4a representa os resultados para a vazão. Observou-se que não houveram grandes diferenças, ainda que em ambos existisse tráfego concorrendo com as chamadas, uma vez que nenhum mecanismo de QoS foi utilizado para priorização de tráfego ou controle de banda. Além da semelhança do consumo de banda, é claro que a distância entre pontos influenciou. Quanto menor a distância, maior foi a vazão. Quanto a probabilidade de bloqueio, Figura 4b, novamente o AODV teve as menores resultados, não excedendo os 0,61. O OLSR apresentou probabilidade máxima de 0,65.

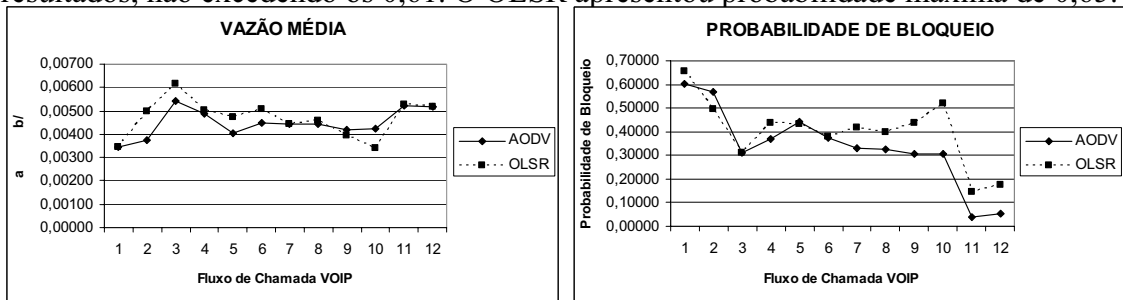


Figura 4: a) Vazão média utilizada e b) Probabilidade de bloqueio

Conclui-se que o comportamento do AODV foi melhor que o OLSR, pois é classificado como um protocolo de aquisição de rotas sob demanda puro [Royer et al. 1999]. Assim, os nós que não estão na rota utilizada, não mantêm informação de roteamento e nem participam das trocas de tabela, minimizando o *overhead* na rede.

O comportamento do OLSR reside no fato de estar sendo usada a versão padrão, que é baseada no menor número de saltos, sendo esta a deficiência do mesmo. Isto é, nem sempre a rota com poucos saltos terá o melhor desempenho para as métricas avaliadas, já que para o cenário analisado, as rotas escolhidas foram as maiores, resultando em um pobre desempenho deste protocolo. Desta forma, levando-se em consideração o fato de que a maioria dos pontos se enxerga, e a interferência causada mutuamente por todos os pontos envolvidos no cenário, é compreendido o melhor desempenho da rede quando o AODV foi utilizado.

Nas redes *Mesh*, nem sempre o menor caminho é o melhor em termos de capacidade e qualidade do enlace. Os resultados não descartam a escolha do OLSR, assim como não recomendam o AODV para o cenário estudado. Novas investigações são relevantes, considerando as extensões do OLSR, como encontrada em [Passos et al. 2006], onde considera o menor caminho e a menor perda do mesmo.

## 5. Considerações Finais

O principal atrativo das redes *Mesh* é prover acesso à Internet banda larga com infraestrutura sem fio a baixo custo para comunidades carentes, por exemplo. As redes em malha podem ser construídas baseadas em tecnologias existentes. Algumas empresas já têm à venda produtos. Porém, tentativas em laboratórios e experiências com redes em malha existentes provam que o desempenho delas ainda é distante do desejado.

Atualmente, as redes *Mesh* são vistas como uma tecnologia promissora para próxima geração das redes sem fio com algumas aplicações estimulando o seu rápido desenvolvimento, porém são necessários estudos aprofundados para sua melhoria.

Como trabalhos futuros, sugere-se experimentos com protocolos híbridos, implementação de QoS e segurança, assim como considerar estudos detalhado sobre um novo modelo de propagação que caracterize as particularidades da região ou que ofereça valores próximos para os parâmetros do modelo *Shadowing* disponível no NS.

## 6. Referências Bibliográficas

- Akyildiz, I. F., Wang, X. e Wang, W. (2005) "Wireless mesh networks: a survey". *Computer Networks Journal* (Elsevier), vol. 47, no. 4, p. 445-487. Março.
- Akyildiz, I. F. e Wang, X. (2005) "A survey on wireless mesh networks". *IEEE Communications Magazine*, vol. 43, no. 9, p. S23-S30. Setembro.
- Badis, H., Munaretto, A., Al Agha, K. e Pujolle, G. (2003) "QoS for ad hoc networking based on multiple metrics: bandwidth and delay". *IEEE MWCN2003*. Outubro.
- Broch, J., Maltz, D., Johnson, D., Hu, Y.; Jetcheva, J. (1998) "A performance comparison of multihop wireless ad hoc network routing protocols". *4<sup>th</sup> ACM/IEEE MobiCom'98*, p. 85-97. Outubro.
- Bruno, R., Conti, M.; Gregori, E. (2005) "Mesh networks: commodity multihop ad hoc networks". *IEEE Communications Magazine*, vol. 43, no. 3, p. 123-131. Março.
- Breuel, C. M. (2004) "Redes em malha sem fios". Instituto de Matemática e Estatística, USP, [http://grenoble.ime.usp.br/movel/Wireless\\_Mesh\\_Networks.pdf](http://grenoble.ime.usp.br/movel/Wireless_Mesh_Networks.pdf). Dezembro.
- Clausen, T. e Jacquet, P. (2003) "Optimized link state routing protocol (OLSR)". IETF RFC 3626, Experimental. Outubro.
- Draves, R., Padhye, J., Zill, B. (2004) "Routing in multi-radio, multi-hop wireless mesh networks". *10<sup>th</sup> ACM MobiCom'04.*, p. 114-128. Setembro.
- Faccin, S., Wijting, C., Knecht, J.; Damle, A. (2006) "Mesh wlan networks: concept and system design". *IEEE Wireless Communications*, vol. 13, no. 2, p. 10-17. Abril.
- Ha, W.; Pin-Han, H.; Shen, S. (2005) "SS-trees: a cross-layer organizational approach for mesh-based wide-area wireless sensor networks". *2<sup>nd</sup> International Conference on Broadband Networks*, vol. 2, p. 823-832. Outubro.

- Iannone, L., Khalili, R., Salamatian, K., Fdida, S. (2004) "Cross-layer routing in wireless mesh networks". 1<sup>st</sup> International Symposium on Wireless Communication Systems, p. 319-323. Setembro.
- Jain, R. (1991), The art of computer systems: techniques for experimental design, measurement, simulation, and modeling. John Wiley & Sons, New York.
- Jiang, H; Zhuang, W.; Shen, X.; Abdrabou, A.; Wang, P. (2006) "Differentiated services for wireless mesh backbone". IEEE Communications Magazine, vol. 44, no. 7, p. 113-119. Julho.
- Kee Ngho Ting; Yin Fern Ko; Moh Lim Sim; (2005) "Voice performance study on single radio multihop IEEE 802.11b systems with chain topology". IEEE International Conference on Networks. Novembro.
- Kowalik, K. e Davis, M. (2006) "Why are there so many routing protocols for wireless mesh networks?". Irish Signal and Systems Conference. Junho.
- Kyungtae K.; Sangjin, H. (2006) "VoMESH: voice over wireless mesh networks". IEEE Wireless Communications and Networking Conference, vol. 1, p. 193-198. Abril.
- Lau, R., Khare, R., Chang, W. (2005), Service assurance for voice over WIFI and 3G networks. Artech House, 310 pages.
- Munaretto, A., Badis, H., Al Agha, K. e Pujolle, G. (2003) "QOLSR: QoS routing over OLSR protocol". 5<sup>ème</sup> Rencontres Francophones sur les aspects Algorithmiques des Télécommunications, Banyuls-sur-mer.
- Network Simulator (2006) Home Page, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- Passos, D., Teixeira, D., Saade, D., Magalhães, L., Albuquerque, C. (2006) "Mesh network performance measurements". International Information and Telecommunication Technologies Symposium, Cuiabá.
- Perkins, C., Belding-Royer, E. e Das, S. (2003) "Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing". IETF RFC 3561, Experimental. Julho.
- Projeto REMESH (2005) Home, <http://Mesh.ic.uff.br>.
- Royer, E.; Toh, C. (1999) "A review of current routing protocols for ad hoc mobile wireless networks". IEEE Personal Communications, vol. 6, no. 2, p. 46-55. Abril.
- Seo, C.; Leonardo, E.; Cardieri, P.; Yacoub, M.; Gallego, D., Medeiros, A. (2005) "Performance of IEEE 802.11 in wireless mesh networks". International Microwave and Optoelectronics Conference, p. 363-367. Julho.
- UM-OLSR (2006) Módulo adicionado, <http://masimum.dif.um.es/?Software:UM-OLSR>
- Yu, J., Choi, S., Lee, J. (2004) "Enhancement of VoIP over IEEE 802.11 WLAN via dual queue strategy". IEEE ICC'04, vol. 6, p. 3706-3711. Junho.